

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 01-172550

(43)Date of publication of application : 07.07.1989

(51)Int.Cl.

C22C 38/54

C22C 38/00

(21)Application number : 62-328816

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 25.12.1987

(72)Inventor : TSUDA YUKIO  
YAMABA RYOTA  
KAWAZOE FUMIHIRO  
OKAMOTO KENTARO

## (54) WEAR-RESISTANT STEEL EXCELLENT IN HEAT CHECK RESISTANCE AND HAVING HIGH HARDNESS AND HIGH TOUGHNESS

### (57)Abstract:

PURPOSE: To manufacture a wear-resistant steel excellent in heat check resistance and having high hardness and high toughness by preparing a steel which contains specific percentages of C, Si, Mo, P, Cr, Mo, Ti, B, and sol.Al and in which prescribed pH value is specified.

CONSTITUTION: A steel having a composition which consists of, by weight, 0.23W<0.30% C, 0.05W0.5% Si, >0.45W1.2% Mn, 0.010% P, 0.10W1.5% Cr, 0.05W0.5% Mo, 0.005W0.05% Ti, 0.0005W0.0030% B, 0.01W0.10% sol.Al, and the balance iron with inevitable impurities and in which pH value is regulated to 1.0% in an equation represented by  $pH=C+Mn/10+Mo/6+Cr/15+40P+100B(%)$  is prepared. By this method, the wear-resistant steel excellent in surface hardness, toughness, and weldability and having sufficient heat check resistance even under severe service conditions can be obtained.

### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

## ⑫ 特許公報 (B2)

平5-32462

⑬ Int. Cl. 5

C 22 C 38/00

38/32

38/54

識別記号

301 A

301 H

庁内整理番号

7217-4K

⑭ 公告

平成5年(1993)5月17日

発明の数 2 (全6頁)

⑮ 発明の名称 耐熱亀裂性に優れた高硬度高韧性耐摩耗鋼

⑯ 特願 昭62-328816

⑯ 公開 平1-172550

⑯ 出願 昭62(1987)12月25日

⑯ 平1(1989)7月7日

⑰ 発明者 津田 幸夫 愛知県東海市東海町5-3 新日本製鐵株式会社名古屋製鐵所内

⑰ 発明者 山場 良太 愛知県東海市東海町5-3 新日本製鐵株式会社名古屋製鐵所内

⑰ 発明者 川副 文宏 愛知県東海市東海町5-3 新日本製鐵株式会社名古屋製鐵所内

⑰ 発明者 岡本 健太郎 愛知県東海市東海町5-3 新日本製鐵株式会社名古屋製鐵所内

⑯ 出願人 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区大手町2丁目6番3号

⑯ 代理人 弁理士 木野立夫

審査官 影山 秀一

⑮ 参考文献 特開 昭61-166954 (JP, A)

1

2

## ⑯ 特許請求の範囲

1 重量%で、

C : 0.23~0.30%未満、

Si : 0.05~0.5%、

Mn : 0.45超~1.2%、

P : 0.010%以下、

Cr : 0.10~1.5%、

Mo : 0.05~0.5%、

Ti : 0.005~0.05%、

B : 0.0005~0.0030%、

S : 0.01~0.10%、

を含有し、残部鉄および不可避不純物からなり且

つ、下記式で示されるPH値が1.0%以下であり、

ブリネル硬さ (H<sub>B</sub>) が450以上であることを特徴

とする耐熱亀裂性に優れた高硬度高韧性耐摩耗

鋼。

$$P_H = C + Mn / 10 + Mo / 6 + Cr / 15 + 3V + 40P + 100B (\%)$$

2 重量%で、

C : 0.23~0.30%未満、

Si : 0.05~0.5%、

Mn : 0.45超~1.2%、

P : 0.010%以下、

Cr : 0.10~1.5%、

Mo : 0.05~0.5%、

Ti : 0.005~0.05%、

B : 0.0005~0.0030%、

S : 0.01~0.10%、

5

を含有し、さらに

Cu : 0.5%以下、

Ni : 0.5%以下、

Nb : 0.05%以下、

V : 0.05%以下、

Ca : 0.005%以下、

の1種または2種以上を含有し、残部鉄および不

可避不純物からなり且つ、下記式で示されるPH値

が1.0%以下であり、ブリネル硬さ (H<sub>B</sub>) が450

以上であることを特徴とする耐熱亀裂性に優れた

### 高硬度高韧性耐摩耗鋼。

$$P_s = C + Mn / 10 + Mo / 6 + Cr / 15 + 3V + 40P + 100B (\%)$$

### 発明の詳細な説明

#### 【産業上の利用分野】

本発明は土木作業用の機械設備などで、苛酷な摩耗条件下で生ずる熱亀裂に対して、優れた耐熱亀裂性を有し、且つ溶接性、韧性にも優れた表面ブリネル硬さH<sub>Br</sub>450以上の耐摩耗鋼に関するものである。

#### 【従来の技術】

一般にブルドーザやパワーショベルなどの建設機械およびクラッシャーやシートなどの鉱山設備において、岩石や土砂による摩耗を受ける部分に使用される耐摩耗鋼は、通常焼き入れまま、または、焼き入れ焼戻し熱処理により製造されているが、摩耗寿命を延長する目的から高硬度化の傾向にある。

かかる用途に使用される従来例としては、特開昭60-59019号公報においてC:0.15~0.45%, Si:0.05~1.00%, Mn:0.05~0.45%, Cr:0.05~1.0%, Mo:0.03~0.85%, so&lt;math>\ell</math>, A&lt;math>\ell</math>:0.01~0.15%, B:0.0003~0.0025%を含む鋼が提案されており、低Mn化により遅れ破壊特性を改善することを主眼としている。

しかしながら、上記Mnレベルにおいては十分な焼き入れ性を得るにはC量増加もしくは他の合金元素添加により補う必要があり、ひいては高韧性を得るのが困難である。また、特開昭60-243250号公報においてC:0.3~0.5%, Si:0.05~0.5%, Mn:0.5~1.5%, P:0.010%以下、S:0.005%以下、Cr:0.1~1.0%、Mo:0.03~0.85%, so&lt;math>\ell</math>, A&lt;math>\ell</math>:0.01~0.15%を含む鋼が提案されているが、C量が0.3~0.5%であり、高硬度化による耐摩耗性は向上するものの耐熱亀裂性は期待出来ない。

さらに特開昭61-76615号公報においては、C:0.05~0.40%, Si:0.1~0.8%, Mn:0.5~2.0%, Ti:0.005~0.10%, B:0.0005~0.005%, so&lt;math>\ell</math>, A&lt;math>\ell</math>:0.005~0.10%, N:0.005%以下、H:0.0002%以下を含み、焼き入れ冷却時の冷却停止温度を150~300°Cとすることにより内部健全性などに優れた鋼の製造法が提案されている。

しかしながら、このものは表面硬さH<sub>Br</sub>450以下

の内容であり、H<sub>Br</sub>450以上の高硬度耐摩耗鋼板において、焼き入れ冷却停止温度を150~300°Cとしたときに、所定の板厚範囲にわたって十分安定した表面硬さと韧性を得るのは困難であり、材質安定上からみて好ましい方法ではない。

#### 【発明が解決しようとする問題点】

近年、土木建設機械、鉱山設備分野においては処理能力向上、高効率化、長寿命化などから機械設備の大容量大型化および使用部材の高硬度化傾向が強まっている。それに伴い鋼材の使用条件も従来に比べ非常に苛酷なものとなってきた。

特に岩盤地帯などの岩石塊との重切削摩耗により、鋼盤表面に微小な熱亀裂が多数発生し、これが連結して大きな破損に至るようになる危険性が増大していることを察知した。

本発明はかかる現状に鑑みて耐熱亀裂性に優れ、且つ、溶接性韧性にも優れた廉価な高硬度高韧性耐摩耗鋼を提供することを目的とする。

#### 【問題点を解決するための手段】

20 本発明者らはH<sub>Br</sub>450以上の高硬度耐摩耗鋼の表層に生ずる微小な熱亀裂について種々の実験を重ねた結果、耐熱亀裂性を向上させるためには、使用時に対物との摩擦により表面層に微細亀裂が発生しにくく、その発生した亀裂からの粒界われを抑制する必要があり、それには表層の塑性流動抵抗を小さくし、表面下層での低温焼戻し脆化抵抗を大きくする必要があることを見出した。

さらに、鋼材成分を鋭意検討する過程において、低P-Cr系において、適正なC範囲と韧性レベルを選択すれば、耐熱亀裂性を向上出来ることを知見した。

すなわち、第1図に示すごとく熱亀裂感受性はC量、韧性、表面硬さの影響を強く受ける。C量と韧性の関係でみるとH<sub>Br</sub>450以上の硬さにおいてはC:0.30%以上で熱亀裂感受性が著しく増大する。また韧性の向上はC量の上限を緩和し耐熱亀裂性改善に有効である。さらに、硬さの低減も耐熱亀裂性改善に有効である。

一方、耐摩耗性は表面硬さにより支配されるが、第2図に示すごとくH<sub>Br</sub>450以上の硬さで顕著な効果が得られており、適正な成分範囲の選択により、耐熱亀裂性と溶接性に優れた高硬度高韧性耐摩耗鋼を得ることが可能である。

本発明はこのような知見に基づいて構成したも

ので、その要旨は C : 0.23~0.30%未満、Si : 0.05~0.5%，Mn : 0.45超~1.2%，P : 0.010%以下、Cr : 0.10~1.5%，Mo : 0.05~0.5%，Ti : 0.005~0.05%，B : 0.0005~0.0030%，so l. A l : 0.01~0.10%を含有し、さらに必要により Cu : 0.5%以下、Ni : 0.5%以下、Nb : 0.05%以下、V : 0.05%以下、Ca : 0.005%以下の1種または2種以上を含有し、残部鉄および不可避不純物からなり且つ、下記式で示されルPH値が1.0%以下であり、ブリネル硬さ(H<sub>B</sub>)が450以上であることを特徴とする耐熱亀裂性に優れた高硬度高韧性耐摩耗鋼である。

$$P_H = C + Mn / 10 + Mo / 6 + Cr / 15 + 3V + 40P + 100B (\%)$$

## 【作用】

まず、本発明の化学成分限定理由について述べる。

Cは耐摩耗性の支配因子である硬さを確保するために必要な元素であるが、0.23%未満の添加では十分な表面硬さを得ることが出来ない。また、0.30%以上では韧性、溶接性が劣化しひいては加工硬化能を増大させ耐熱亀裂性が低下するため0.23~0.30%未満に限定した。

Siは脱酸用元素であり、0.05%未満ではその効果が少なく、0.5%を超えると韧性の低下が著しいので0.05~0.5%とした。

Mnは焼き入れ性向上に寄与し硬さを確保する上からは有効な元素であるが、ミクロ偏析のし易さおよび固溶硬化により鋼板表面塑性流動層の微小割れを助長するため0.45超~1.2%に限定した。

Pは表面下層での粒界われおよび溶接遅れわれを抑制するために最も有効な元素であり、出来るだけ低減することが望ましいが、コストを考えて0.010%以下とした。

Crは安価に焼き入れ性を向上できる主要な元素であるが、0.1%未満ではその効果が小さく、1.5%以上では韧性、溶接性に有害であるので0.1~1.5%とした。

Moは焼き入れ性確保および粒界析出物の安定作用により、Pによる粒界脆化を緩和するために有効な元素であり、0.05%以上添加するが、コストおよび溶接性の点から0.5%以下に限定した。

TiはB添加時にフリーNを固定し焼き入れ性に有効な固溶B量を確保するとともに、オーステ

ナイト粒径を微細化するために0.005%以上の添加が必要である。しかしながら0.05%を超えると著しく韧性が低下するので0.005~0.05%と限定した。

5 Bは焼き入れ性向上に有効であるためには0.0005%以上必要であるが、0.0030%を超すとB化合物の析出により焼き入れ性が低下し韧性劣化をもたらし、また溶接性も損なわれるのでB添加量を0.0005%~0.0030%とした。

10 so l. A lは脱酸上0.01%以上の添加が必要であるが、0.10%を超えると韧性が劣化するので0.01~0.1%とした。

さらに本発明においては以上の基本元素以外にCu、Ni、Nb、Caのいずれか1種または2種以上を添加することにより、韧性を低下させることなく焼き入れ性の向上を図ることが出来る。

即ち、Cuは韧性を劣化させずに硬さを上昇させることに対して有効であるが、多量に添加すると熱間割れの原因となるため0.5%以下とした。

20 Niは硬さおよび韧性の向上に有効であるがコストの点から0.5%以下とした。

Nb、Vは硬さ、韧性のバランス上添加され得るが多量に添加すると溶接性を阻害するため0.05%以下とした。

25 Caは硫化物系介在物の形状制御に効果があり、韧性向上とくに方向性改善効果が顕著であるが、多量に添加すると鋼の清浄性を損ない韧性低下をもたらすために0.0050%以下とした。

また、本発明においては上記のごとく化学成分範囲を限定するほかに、下記式で示されるPH値を1.0%以下とするごとく化学成分量を規制して溶接性をも確保することを必須条件としている。

$$P_H = C + Mn / 10 + Mo / 6 + Cr / 15 + 3V + 40P + 100B (\%)$$

35 本発明鋼は上記化学成分の組合せと成分量適正化を特徴とし、その相乗効果によって所定の高硬度と高韧性を有し、併せて耐熱亀裂性の優れた材料を提供するものであるが、さらに製造に当つては、通常の方法にて溶製後スラブとなし、該スラブを1000~1250°Cに加熱後熱間圧延をし、一旦冷却したのち再びAr<sub>3</sub>変態点以上の温度に加熱してAr<sub>3</sub>変態点以上の温度から焼き入れするか、または1000~1250°Cに加熱後、熱間圧延をし、直ちにAr<sub>3</sub>変態点以上の温度から焼き入れするものであ

40

る。

[実施例]

第1表に示す化学成分を有する鋼を溶製後スラブとなし、一部は(a)1150°Cに加熱して熱間圧延し圧延後、直ちにAr<sub>3</sub>変態点以上の温度から100°C以下の温度まで水冷して焼き入れた。

他は(b)圧延後、一旦常温に空冷後再びAc<sub>3</sub>変態点以上に加熱したのち100°C以下の温度に水冷して焼き入れた。

この熱処理条件と板厚および得られた材質試験の結果を第2表に示す。

尚、耐熱亀裂性は試験鋼板表面に接触させた矩形の圧子を面圧100kg/cm<sup>2</sup>、摩耗(摩擦)速度1.0m/sec以上の条件で移動させた後磁粉探傷検査を実施し、微小亀裂の有無により評価した。

5 第2表から明らかなるごとく、本発明で限定する化学成分範囲を外れる比較例の鋼は、本発明の目的とするH<sub>450</sub>以上の表面硬さと耐熱亀裂性を満足しておらず、加えて韌性レベルも低い。

これに対し本発明の鋼はいずれも良好な値を示

10 している。

第 1 表

区分	成分記号	化学成分(wt%)								
		C	Si	Mn	P	Cr	Mo	Ti	sol.Al	B
本発明	A	0.25	0.30	0.58	0.004	0.65	0.25	0.012	0.045	0.0012
	B	0.26	0.29	0.72	0.004	0.51	0.23	0.010	0.052	0.0009
	C	0.25	0.28	0.60	0.006	0.55	0.23	0.014	0.050	0.0011
	D	0.24	0.30	1.05	0.005	0.60	0.14	0.012	0.047	0.0010
	E	0.25	0.31	0.61	0.005	0.58	0.22	0.012	0.051	0.0010
	F	0.25	0.26	0.58	0.003	0.58	0.24	0.013	0.047	0.0010
	G	0.24	0.28	0.60	0.004	0.52	0.21	0.010	0.039	0.0012
	H	0.25	0.28	0.57	0.005	0.55	0.29	0.018	0.042	0.0012
	I	0.26	0.27	0.58	0.006	0.49	0.30	0.012	0.044	0.0007
	J	0.26	0.29	0.58	0.006	0.52	0.24	0.012	0.047	0.0009
比較例	K	0.21	0.30	0.56	0.004	0.79	0.41	0.013	0.046	0.0011
	L	0.35	0.28	0.58	0.005	0.53	0.23	0.008	0.046	0.0010
	M	0.26	0.30	0.37	0.005	0.50	0.23	0.012	0.047	0.0009
	N	0.27	0.30	1.60	0.013	0.51	0.21	0.010	0.031	0.0009
	O	0.26	0.27	1.35	0.005	0.54	—	0.015	0.028	0.0012
	P	0.27	0.28	1.05	0.009	0.65	0.25	—	0.021	—

区分	成分配号	化学成分(wt%)					
		Cu	Ni	Nb	V	Ca	P <sub>H</sub> *
本発明	A	—	—	—	—	—	0.67
	B	—	—	—	—	—	0.65
	C	—	—	—	—	—	0.73
	D	—	—	—	—	0.0028	0.71
	E	0.26	—	—	—	—	0.69
	F	—	0.38	—	—	—	0.61
	G	—	—	0.025	—	—	0.65
	H	—	—	—	0.029	—	0.80
	I	0.25	0.35	—	—	—	0.71
	J	0.25	0.35	0.021	0.033	0.0025	0.82
比較例	K	—	—	—	—	—	0.66
	L	—	—	—	—	—	0.78
	M	—	—	—	—	—	0.66
	N	—	—	—	—	—	1.11
	O	0.20	—	—	—	0.0030	0.75
	P	—	—	—	0.061	—	1.00

\* : P<sub>H</sub> = C + Mn / 10 + Mo / 6 + Cr / 15 + 3V + 40P + 100B (%)

第 2 表

区分	成分配号	条件記号	板厚(mm)	表面硬さ(H <sub>RC</sub> )	靭性, vE <sub>0</sub> (kgf-m)	耐熱亀裂発生有無
本発明	A	a	15	474	6.9	無
	B	b	15	477	5.8	無
	C	a	15	488	7.0	無
	D	a	15	484	5.5	無
	E	b	25	488	5.8	無
	F	b	25	481	5.5	無
	G	a	25	477	6.6	無
	H	b	25	485	6.3	無
	I	b	25	488	5.2	無
	J	a	25	492	4.7	無

区分	成分記号	条件記号	板厚 (mm)	表面硬さ (HB)	韌性, $\nu E_0$ (kgf-m)	耐熱亀裂発生有無
比較例	K	a	15	438	6.3	無
	L	a	15	564	1.7	有
	M	b	15	485	2.8	有
	N	b	15	507	1.5	有
	O	a	25	488	2.3	有
	P	b	25	503	1.2	有

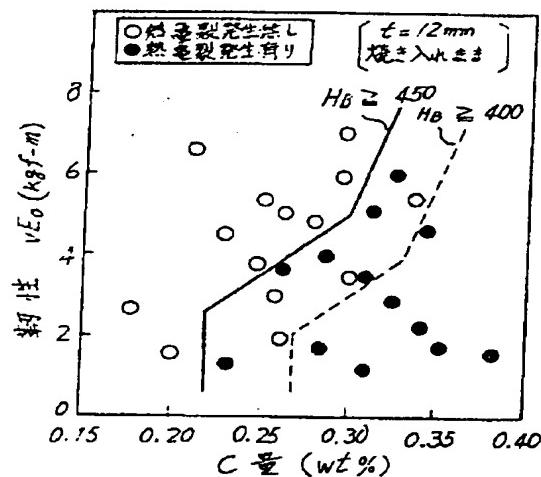
## [発明の効果]

以上詳細に説明したごとく、本発明鋼は表面硬さおよび韌性、溶接性に優れ、且つ苛酷な使用条件下においても十分な耐熱亀裂性を備えた高硬度耐摩耗鋼の提供を可能としたものであり、産業上優れた効果を發揮するものである。

## 図面の簡単な説明

第1図はC量、韌性レベルと微小な熱亀裂発生の関係について示した図表、第2図は表面硬さとSM41鋼に対する摩耗比について示した図表である。

第1図



第2図

